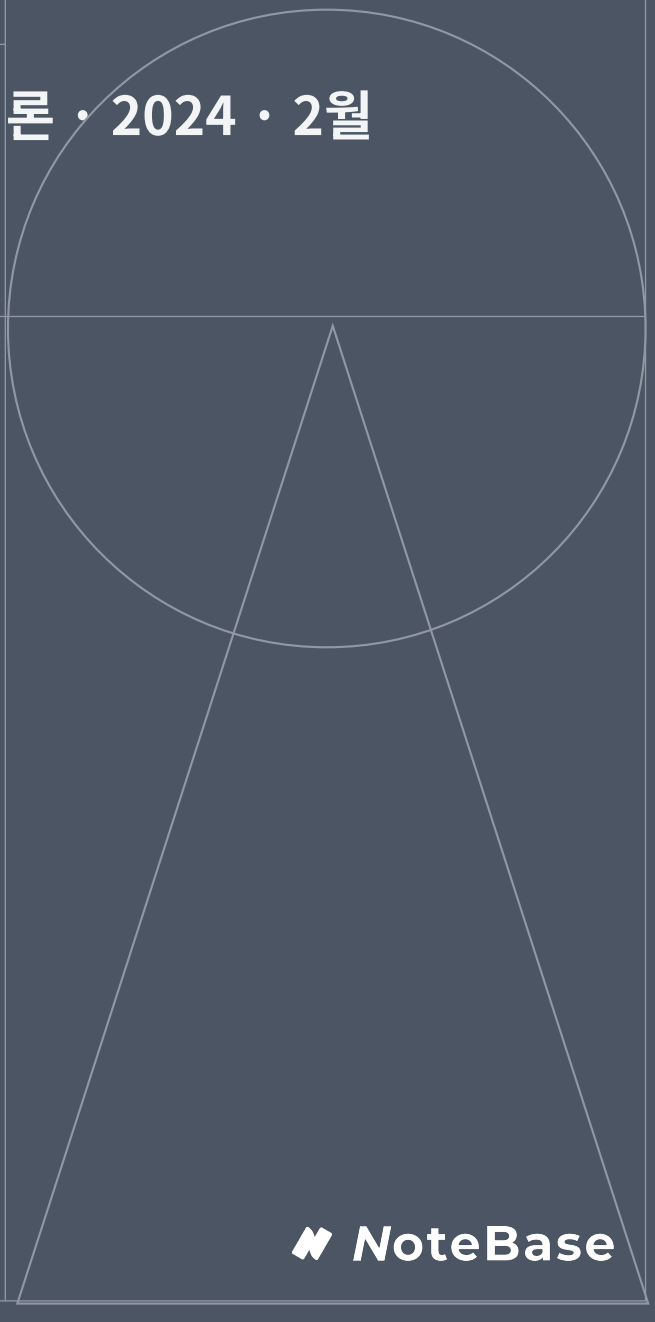
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전기이론 · 2024 · 2월



NoteBase

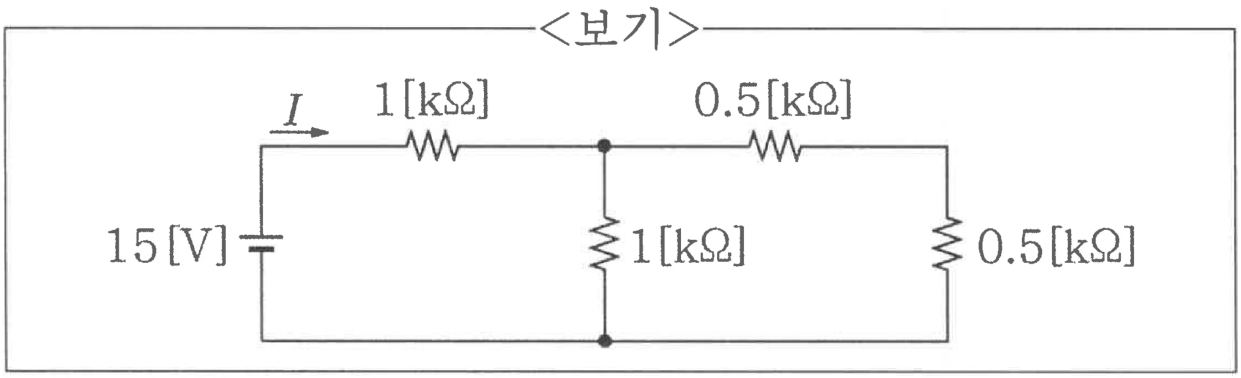
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전기이론 · 2024 · 2월

공무원/서울시/9급 · 전기이론 · 2024 · 2월

문 1. <보기>의 회로에서 흐르는 전류 /의 값[mA]은?

<보기>



① 5

② 10

③ 15

④ 20

정답 2번

간단한 해설

오른쪽의 0.5 kΩ 저항 두 개는 직렬이고, 이 가지는 가운데 1 kΩ 저항과 병렬이다. 회로의 **전체 합성저항은 1.5 kΩ**이므로, 15 V 전원에서 흐르는 전류는 10 mA이다.

NoteBase

계산 과정

오른쪽 가지: 위쪽과 오른쪽의 0.5 kΩ 저항 사이에는 전류가 갈라지는 접속점이 없으므로 두 저항은 직렬이다. 따라서 이 가지의 저항은 0.5 + 0.5 = 1 kΩ이다.

병렬 부분: 오른쪽 가지와 가운데 1 kΩ 저항은 **위아래의 같은 두 접속점에 연결**되어 있으므로 병렬이다. 두 가지의 저항이 각각 1 kΩ이므로 병렬 합성저항은 $R_{\mathrm{p}} = \frac{1 \cdot 1}{1+1} = 0.5\mathrm{k\Omega}$이다.

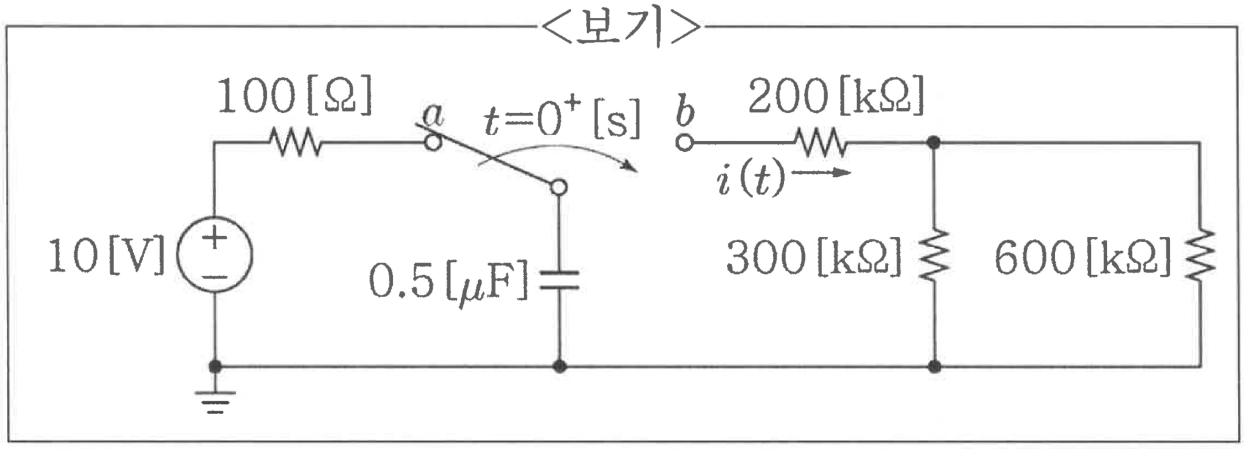
전체 합성저항: 왼쪽 위의 1 kΩ 저항은 병렬 부분에 도달하기 전에 전류가 모두 통과하는 저항이므로, 병렬 합성저항과 직렬이다. 전체 합성저항은 $R_{\mathrm{eq}} = 1 + 0.5 = 1.5\mathrm{k\Omega}$이다.

전류 계산: 화살표의 전류 I는 분기 전의 전체 전류이므로, **전원 전압을 전체 합성저항으로 나누어** 구한다. 옴의 법칙을 적용하면 $I = \frac{15\mathrm{V}}{1.5\mathrm{k\Omega}} = 10\mathrm{mA}$이다. V를 kΩ으로 나누면 mA가 되며, 계산값 10 mA는 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 2. <보기>의 회로에서 시간 t<0[s] 동안 스위치가 a로 연결되어 콘덴서가 충분히 충전되었다고 가정한다. 시간 $t=0^{+}$[s]에 스위치가 b로 연결될 때, t=0.2[s]에 저항 200[kΩ]에 흐르는 전류 i(t)의 값[μA]은? (단, $e^{-1}=0.4$로 한다.)

<보기>



① 1

② 5

③ 10

④ 20

정답 3번

간단한 해설

콘덴서는 10 V로 충전되어 있으며, 스위치를 b로 옮기면 **합성저항 400 kΩ**을 통해 방전한다. 시정수는 0.2 s이므로 이때 전류는 초기값 25 μA의 0.4배인 **10 μA**이다.

NoteBase

계산 과정

초기 전압: 스위치가 a에 연결된 채 충분한 시간이 지나면 직류 정상상태가 되어 콘덴서에 전류가 흐르지 않는다. 따라서 100 Ω 저항의 전압강하는 0 V이고, 콘덴서는 위쪽 단자가 양극인 10 V로 충전된다. **콘덴서 전압은 순간적으로 변하지 않으므로** $v_C(0^+) = v_C(0^-) = 10\text{V}$이다.

방전 경로의 저항: 스위치가 b로 옮겨지면 10 V 전원과 100 Ω 저항은 콘덴서의 방전 경로에서 분리된다. 오른쪽의 300 kΩ과 600 kΩ은 같은 두 노드에 연결된 병렬회로이므로 합성저항은 $\frac{300 \cdot 600}{300 + 600} = 200\text{k}\Omega$이다. 여기에 위쪽 200 kΩ이 직렬로 연결되므로, **콘덴서에서 본 전체 저항** R은 200 + 200 = 400 kΩ이다.

시정수: 전원이 분리된 RC 방전회로에서는 콘덴서 전압과 방전 전류가 시정수 $\tau = RC$에 따라 지수적으로 감소한다. C = 0.5 μF이고 kΩ와 μF의 곱은 ms이므로, 시정수는 400 × 0.5 = 200 ms, 즉 0.2 s이다.

초기 전류와 시간에 따른 변화: 위쪽 200 kΩ은 병렬 분기점 앞에 있으므로 이 저항에는 **전체 방전 전류**가 흐른다. 초기 전류는 콘덴서의 초기 전압을 전체 저항으로 나눈 $i(0^+) = \frac{10}{400 \cdot 10^3}\text{A} = 25\mu\text{A}$이다. 전류 방향은 그림의 화살표와 같은 오른쪽이며, 이후 전류는 $i(t) = i(0^+)e^{-t/\tau}$로 감소한다.

0.2 s에서의 전류: 구하려는 시간은 시정수와 같으므로 $\frac{t}{\tau} = \frac{0.2}{0.2} = 1$이다. 주어진 $e^{-1} = 0.4$를 적용하면 $i(0.2) = 25 \cdot 0.4 = 10\mu\text{A}$이다. 이는 ③의 10 μA에 해당한다.

NoteBase

문 3. 자유공간에서 원점을 중심으로 하고 반지름이 1[m]인 구형 이상 도체(perfect conductor)가 있다. 이 이상 도체 표면이 총 1[C]의 전하로 균일하게 대전되어 있을 때, 원점으로부터 x축으로 10[m] 떨어진 곳에 위치하고 있는 10[C]의 전하를 갖는 대전입자가 있다. 이때, 대전입자가 받는 정전기력의 크기[N]는? (단, ε_0는 자유공간에서의 유전율이다.)

① $\frac{1}{40\pi}$
② $\frac{1}{40\pi\varepsilon_0}$
③ $\frac{1}{400\pi}$
④ $\frac{1}{400\pi\varepsilon_0}$

정답 2번

간단한 해설

균일하게 대전된 구의 외부 전기장은 **총전하가 구의 중심에 모인 점전하**의 전기장과 같다. 중심에서 10 m 떨어진 위치의 전기장에 입자의 전하량 10 C를 곱하면 정전기력의 크기는 $\frac{1}{40\pi\varepsilon_0}$ N이다.

계산 과정

구의 총전하를 Q = 1 C, 대전입자의 전하를 q = 10 C, 구의 중심에서 입자까지의 거리를 r = 10 m로 둔다. 입자는 반지름 1 m인 구의 외부에 있다. 문제에서 주어진 균일한 구면 전하 분포는 구 밖에서 총전하 Q가 중심에 모인 점전하와 같은 전기장을 만든다. 따라서 거리로는 **구 표면에서의 9 m가 아니라 중심에서의 10 m**를 사용한다.

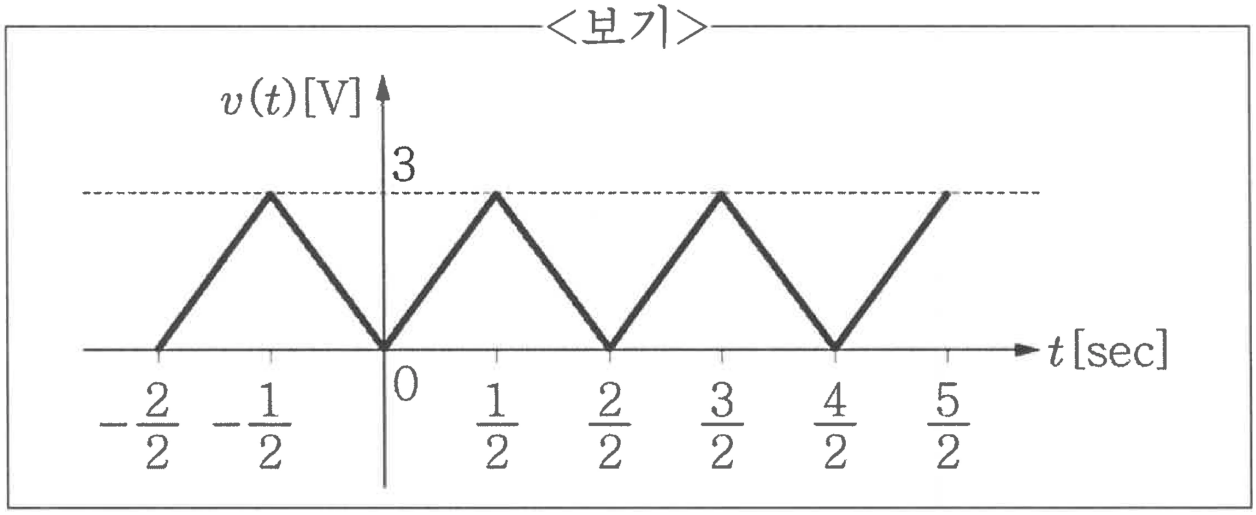
가우스 법칙에 따라 구 외부의 전기장 크기는 $E = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$이다. Q = 1 C와 r = 10 m를 대입하면 $E = \frac{1}{400\pi\varepsilon_0}$ N/C이다. 이 값은 그 위치에서 단위 양전하가 받는 힘의 크기를 뜻한다.

전하량 q인 입자가 받는 힘의 크기는 $F = |q|E$이다. 위 전기장에 입자의 전하량 10 C를 곱하면 $F = \frac{1}{40\pi\varepsilon_0}$ N이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 4. <보기>와 같이 주기적으로 변하는 전압 $v(t)$의 실효값[V]은? (단, 해당 파형의 주기 $T = 1$[sec]이다.)

<보기>



① 1

② $\sqrt{1.5}$

③ $\sqrt{2}$

④ $\sqrt{3}$

정답 4번

간단한 해설

실효값은 **전압의 제곱평균에 제곱근을 취한 값**이다. 이 삼각파의 제곱평균은 3V^2이므로 실효값은 $\sqrt{3}\text{V}$이다.

계산 과정

그림의 한 주기인 0~1초에서 전압은 0~0.5초에 0 V에서 3 V까지 직선적으로 증가하고, 0.5~1초에 다시 0 V까지 감소한다. 상승 구간의 기울기는 6 V/s이므로, 시간을 초 단위로 넣으면 이 구간의 전압은 $v(t) = 6t$ [V]이다.

실효값은 같은 저항에서 해당 주기 전압과 평균 소비전력이 같은 직류 전압의 크기이다. 저항의 소비전력은 전압의 제곱에 비례하므로 $V_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T v^2(t)dt}$로 구한다. 이 파형은 **상승 구간과 하강 구간의 제곱 적분값이 같으므로** 상승 구간만 적분한 뒤 2배 하면 된다.

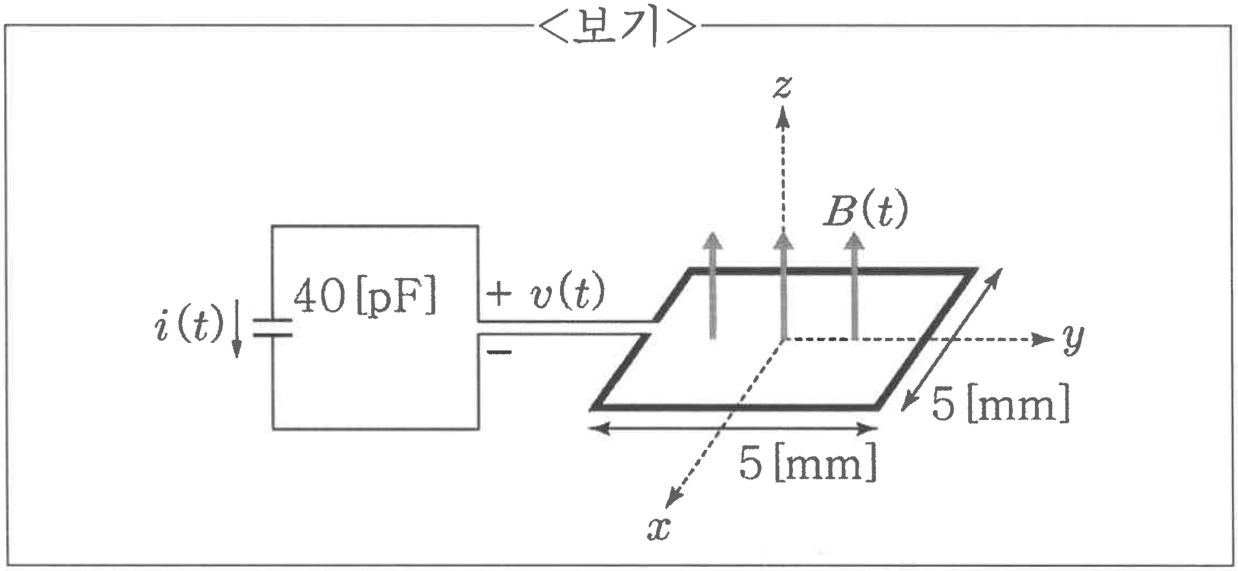
주기 T = 1초를 적용하면 $V_{\text{rms}}^2 = \frac{2}{1}\int_0^{1/2}(6t)^2dt$이다. 이를 계산하면 $72\left[\frac{t^3}{3}\right]_0^{1/2} = 3$이므로, 한 주기 동안 전압의 제곱평균은 3V^2이다.

따라서 실효값은 $V_{\text{rms}} = \sqrt{3}\text{V}$이며, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 5. <보기>의 회로와 같이 xy 평면에 놓인 정사각형 코일에 시변 자속밀도 $B(t) = \hat{z}\cos(100t)$ [Wb/m^2]가 통과할 때, 콘덴서에 흐르는 전류 $i(t)$의 값[pA]은? (단, 프린징 효과는 무시한다.)

<보기>



① cos(100t)

② 10 cos(100t)

③ −sin(100t)

④ −10 sin(100t)

정답 2번

간단한 해설

자속의 시간 변화로 생긴 **유도전압을 한 번 더 미분**해야 콘덴서 전류를 구할 수 있다. 그림의 전류 방향을 기준으로 $i(t) = 10\cos(100t)$ pA가 된다.

NoteBase

계산 과정

코일을 통과하는 자속: 정사각형의 한 변은 5 mm이므로 면적은 $S = (5 \times 10^{-3})^2 = 25 \times 10^{-6}\,\mathrm{m}^2$이다. 자기장이 코일 면에 수직이고 면 전체에서 같으므로, +z 방향을 면의 양의 법선으로 잡으면 자속은 $\Phi(t) = SB_z(t)$이다. 따라서 $\Phi(t) = 25 \times 10^{-6}\cos(100t)$ Wb이다.

유도전압: 그림의 아래쪽 전류 화살표를 따라 회로를 돌면 코일에서는 **+z 방향을 양의 법선으로 하는 순환 방향**이 된다. 따라서 패러데이 법칙에 따라 표시된 극성의 전압은 $v(t) = -\frac{d\Phi(t)}{dt}$이다. 자속을 미분하면 $v(t) = 2.5 \times 10^{-3}\sin(100t)$ V이다. 이 전압은 코일에 연결된 콘덴서의 위쪽 단자를 +로 잡은 전압이기도 하다.

콘덴서 전류: 정전용량은 $C = 40 \times 10^{-12}$ F이다. 표시된 전류는 콘덴서의 +단자로 들어가므로 **수동 부호 규약**에 따라 $i(t) = C\frac{dv(t)}{dt}$를 적용한다. 전압의 시간 변화율은 $\frac{dv(t)}{dt} = 0.25\cos(100t)$ V/s이므로, $i(t) = (40 \times 10^{-12}) \cdot 0.25\cos(100t)$ A이다.

1 pA $= 10^{-12}$ A이므로 전류는 $i(t) = 10\cos(100t)$ pA이며, ②의 식과 일치한다.

NoteBase

문 6. 투자율이 $2\mu_0$인 자성체 내에 벡터 자위(magnetic vector potential)가 $\hat{A} = y^2z\hat{x} + xy\hat{y} - 4xz^2\hat{z}$ [Wb/m]와 같이 분포할 때, 면($x = 1$ [m], $0 \le y \le 3$ [m], $0 \le z \le 1$ [m])을 통과하는 전류의 크기 [A]는? (단, μ_0는 자유공간에서의 투자율이다.)

① 0

② $\frac{3}{\mu_0}$

③ $\frac{6}{\mu_0}$

④ $\frac{12}{\mu_0}$

정답 3번

간단한 해설

면을 통과하는 전류는 **면의 법선 방향 전류밀도를 적분**하여 구한다. 벡터 자위에서 구한 전류밀도는 $J_x = \frac{1-10z}{2\mu_0}$ [A/m^2]이므로, 주어진 면을 통과하는 순전류의 크기는 $\frac{6}{\mu_0}$ A이다.

계산 과정

1. 벡터 자위와 전류밀도의 관계: 정자계에서 자속밀도는 $\mathbf{B} = \nabla \times \hat{A}$, 전류밀도는 $\mathbf{J} = \nabla \times \mathbf{H}$이다. 주어진 투자율은 $\mu = 2\mu_0$로 일정하므로 $\mathbf{H} = \frac{\mathbf{B}}{2\mu_0}$이고, $\mathbf{J} = \frac{1}{2\mu_0}\nabla \times \mathbf{B}$를 적용한다.

2. 필요한 자속밀도 성분 계산: 면 $x = 1$은 yz평면에 평행하므로 **x방향 전류밀도만** 면을 통과한다. J_x를 구하는 데 필요한 자속밀도 성분은 B_y와 B_z이다. 주어진 $A_x = y^2z$, $A_y = xy$, $A_z = -4xz^2$를 미분하면 다음과 같다.
$B_y = \frac{\partial A_x}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial x} = y^2 + 4z^2$
$B_z = \frac{\partial A_y}{\partial x} - \frac{\partial A_x}{\partial y} = y - 2yz$

3. 법선 방향 전류밀도 계산: 회전의 x성분을 취하면 $J_x = \frac{1}{2\mu_0}\left(\frac{\partial B_z}{\partial y} - \frac{\partial B_y}{\partial z}\right)$이다. 여기서 $\frac{\partial B_z}{\partial y} = 1 - 2z$, $\frac{\partial B_y}{\partial z} = 8z$이므로 $J_x = \frac{1-10z}{2\mu_0}$ [A/m^2]이다. 이 성분은 x에 무관하므로 면 $x = 1$에서도 같은 식을 쓴다.

4. 면적분: 면의 양의 법선을 +x방향으로 정하면 $d\mathbf{S} = \hat{x}dydz$이다. 따라서 $0 \le y \le 3$, $0 \le z \le 1$ 범위에서 $I = \int_0^3\int_0^1 J_x dzdy$로 계산한다. J_x가 y에 무관하므로 y방향 적분은 폭 3 m를 곱하는 것과 같다.
$I = \frac{3}{2\mu_0}\int_0^1 (1 - 10z)dz$
$I = \frac{3}{2\mu_0}[z - 5z^2]_0^1 = -\frac{6}{\mu_0}$ A

5. 전류의 크기: 적분값의 **음수는 순전류가 선택한 법선의 반대 방향**으로 흐른다는 뜻이다. 문제에서 묻는 크기는 $|I| = \frac{6}{\mu_0}$ A이며, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 7. 콘덴서에 저장된 에너지가 2[J]이고 2[kV]의 직류 전압이 걸려 있을 때, 콘덴서의 용량[μF]은?

① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 1번

간단한 해설

콘덴서의 저장 에너지는 용량과 **전압의 제곱**에 비례하며, 그 관계는 $W = \frac{1}{2}CV^2$이다. 에너지 2 J와 전압 2 kV를 적용하면 정전용량은 1 μF이다.

계산 과정

주어진 저장 에너지는 W = 2 J이고, 콘덴서 양단의 직류 전압은 V = 2 kV이다. 정전용량을 F 단위로 구하려면 **전압을 V 단위로 환산**하여 V = 2000 V를 사용한다.

정전용량 C가 일정한 콘덴서에 저장되는 전기장 에너지는 $W = \frac{1}{2}CV^2$이다. 충전 중 전압이 0에서 최종 전압 V까지 증가하므로, 최종 전하량과 최종 전압의 곱에 1/2을 곱한 값이 저장 에너지가 된다. 이 식을 정전용량에 대해 정리하면 $C = \frac{2W}{V^2}$이다.

주어진 값을 대입하면 $C = \frac{2 \cdot 2}{2000^2}$F이다. 따라서 $C = \frac{4}{4000000}\text{F} = 10^{-6}\text{F}$로, 이는 콘덴서의 정전용량을 F 단위로 구한 값이다.

$1\mu\text{F} = 10^{-6}\text{F}$이므로 구하는 정전용량은 1 μF이며, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 8. 직렬회로로 구성된 저항 R[Ω], 유도성 리액턴스 X[Ω]의 회로에 교류실효전압 V[V]를 가했을 때, 유효전력[W]과 무효전력[Var]을 옳게 짝지은 것은?

① 유효전력: $\frac{V^2R}{R^2+X^2}$, 무효전력: $\frac{V^2X}{R^2+X^2}$
② 유효전력: $\frac{V^2X}{R^2+X^2}$, 무효전력: $\frac{V^2R}{R^2+X^2}$
③ 유효전력: $\frac{V^2(R+jX)}{R^2+X^2}$, 무효전력: $\frac{V^2R}{R^2+X^2}$
④ 유효전력: $\frac{V^2R}{R^2+X^2}$, 무효전력: $\frac{V^2(R+jX)}{R^2+X^2}$

정답 1번

간단한 해설

직렬회로에서 전류의 제곱은 $I^2=\frac{V^2}{R^2+X^2}$이다. **유효전력은 저항 R**을 곱한 $\frac{V^2R}{R^2+X^2}$ W이고, **무효전력은 리액턴스 X**를 곱한 $\frac{V^2X}{R^2+X^2}$ Var이다.

계산 과정

임피던스와 전류: 저항 R과 유도성 리액턴스 X가 직렬이므로 임피던스는 $Z=R+jX$이고, j는 허수단위이다. 저항 성분과 리액턴스 성분은 위상이 90° 다르므로 **임피던스의 크기**는 $|Z|=\sqrt{R^2+X^2}$ 이다. V가 전압의 실효값일 때 전류의 실효값은 $I=\frac{V}{|Z|}$이므로, $I^2=\frac{V^2}{R^2+X^2}$이다. 이 전류가 두 소자에 공통으로 흐른다.

유효전력 P: 저항에서 열 등으로 실제 소비되는 평균 전력이다. **전류의 실효값**을 사용하므로 $P=I^2R$이며, 앞에서 구한 전류의 제곱을 대입하면 $P=\frac{V^2R}{R^2+X^2}$ W이다.

무효전력 Q: 유도성 소자의 자기장에 에너지가 저장되었다가 전원으로 되돌아가는 데 관련된 전력이다. $Q=I^2X$ 이므로 $Q=\frac{V^2X}{R^2+X^2}$ Var이다. **유도성 리액턴스**이므로 무효전력의 부호는 양수이다.

따라서 유효전력이 $\frac{V^2R}{R^2+X^2}$ W, 무효전력이 $\frac{V^2X}{R^2+X^2}$ Var인 ①의 짝과 일치한다.

NoteBase

문 9. <보기>의 식으로 설명되는 현상으로 가장 옳은 것은?

<보기>

$\delta = \sqrt{\frac{1}{\pi f \sigma \mu}}$

δ: 침투깊이 f: 주파수

σ: 도전율 μ: 투자율

① 렌츠의 법칙

② 패러데이의 법칙

③ 표피효과

④ 비오-사바르 법칙

정답 3번

간단한 해설

보기의 식은 교류 전류가 도체 내부로 침투하는 깊이를 나타내며, **전류가 도체 표면 부근에 집중되는 표피효과**를 설명한다. 다른 조건이 같으면 주파수가 높을수록 침투깊이가 작아져 전류가 더 얕은 표면층에 집중된다.

핵심 풀이

침투깊이 δ는 교류 전류가 도체 내부로 침투하는 정도를 나타내는 길이이다. 좋은 도체에서 정현파 교류의 침투깊이는 $\delta = \sqrt{\frac{1}{\pi f \sigma \mu}}$ 로 나타낸다. 도체 표면 부근의 전류밀도가 크고 내부로 갈수록 작아지는 현상을 **표피효과**라고 하므로, 보기의 식은 이 현상을 설명한다.

도전율 σ와 투자율 μ가 일정하면 $\delta \propto \frac{1}{\sqrt{f}}$이다. 따라서 **주파수가 높아질수록 침투깊이는 작아지고**, 전류는 도체의 표면에 더 집중된다. 이는 침투깊이가 전류의 크기 자체가 아니라 전류가 분포하는 깊이를 나타낸다는 뜻이다.

렌츠의 법칙은 자속의 변화를 방해하는 방향으로 유도전류가 흐른다는 법칙이고, 패러데이의 법칙은 유도기전력을 자속의 시간적 변화율과 연결하는 법칙이다. 비오-사바르 법칙은 전류가 만드는 자기장을 구하는 법칙이다. 이들과 구별되는 보기의 핵심은 **교류 전류의 도체 내부 침투깊이**이다.

NoteBase

문 10. 어떤 회로에 공급되는 전력이 시간에 따라 $p(t) = 2t + 2[W]$와 같이 변할 때, $t = 0[s]$에서 $t = 2[s]$까지 공급되는 에너지의 값[J]은?

① 4

② 6

③ 8

④ 10

정답 3번

간단한 해설

공급 에너지는 **전력을 시간에 대해 적분한 값**이다. 전력 $p(t) = 2t + 2$를 0초부터 2초까지 적분하면 이 구간에 공급된 에너지는 8 J이다.

계산 과정

전력은 단위 시간당 전달되는 에너지이므로, 시간에 따라 변하는 전력은 **시간에 대해 적분**하여 공급 에너지를 구한다. 시간 t의 단위가 s이고 전력의 단위가 W이므로, 0초부터 2초까지의 공급 에너지 E는 $E = \int_0^2 p(t)dt$이다. 1 W = 1 J/s이므로 적분 결과의 단위는 J이다.

주어진 전력식을 대입하면 $E = \int_0^2 (2t + 2)dt$이다. 원시함수는 $t^2 + 2t$이므로 $E = [t^2 + 2t]_0^2$로 계산한다. 위끝 2를 대입한 값은 4 + 4 = 8이고 아래끝 0을 대입한 값은 0이므로, 두 값의 차이로 구한 공급 에너지는 8 J이다.

따라서 이 구간에 공급된 에너지는 8 J이며, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 11. 자유공간 내 무한한 길이의 도선에서 0.5[m] 거리에 점이 위치한다. 이때, 이 점에서 자속밀도의 크기[Wb/m^2]는? (단, 도선을 통해 흐르는 전류는 2[A], 자유공간의 투자율 μ_0는 $4\pi\times10^{-7}$[H/m]이다.)

① 1×10^{-7}
② 2×10^{-7}
③ 4×10^{-7}
④ 8×10^{-7}

정답 4번

간단한 해설

무한히 긴 직선 도선의 자속밀도는 **전류에 비례하고 도선으로부터의 거리에 반비례**하며, $B=\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$로 구한다. 주어진 전류 2 A와 거리 0.5 m를 대입하면 $8\times10^{-7}\,\mathrm{Wb/m^2}$이다.

계산 과정

전류는 I = 2 A, 도선으로부터의 수직 거리는 r = 0.5 m이며, 자유공간의 투자율은 $\mu_0=4\pi\times10^{-7}\,\mathrm{H/m}$이다. 모두 주어진 SI 단위를 그대로 사용한다.

무한히 긴 직선 도선 주위에서는 도선을 중심으로 하는 원 위에서 자속밀도의 크기가 일정하다. 반지름 r인 원에 암페어의 법칙을 적용하면 $B\cdot 2\pi r=\mu_0 I$이므로 $B=\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$이다. 분모는 **도선으로부터의 거리를 반지름으로 하는 원의 둘레**이다.

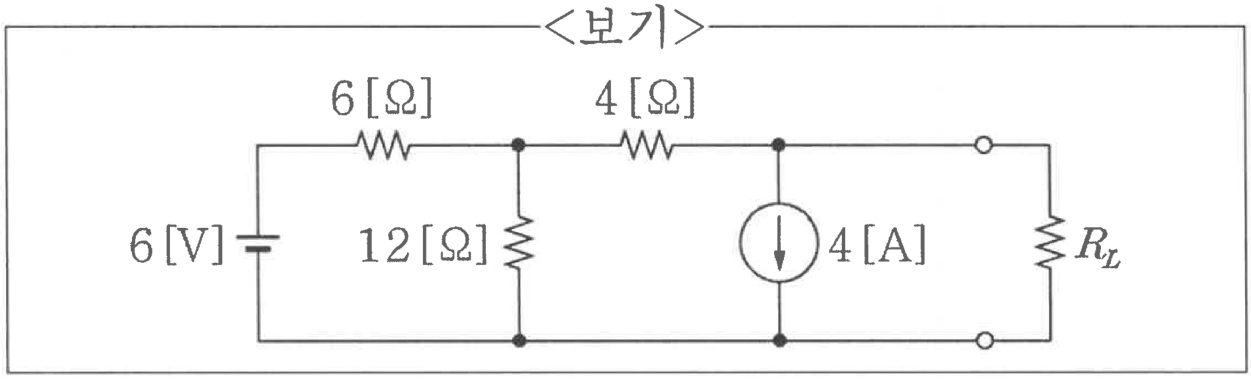
주어진 값을 대입하면 $B=\frac{(4\pi\times10^{-7})\times2}{2\pi\times0.5}\,\mathrm{Wb/m^2}$이다. 분모가 π이므로 분자의 π와 약분되어 $B=8\times10^{-7}\,\mathrm{Wb/m^2}$를 얻는다.

계산한 자속밀도는 $8\times10^{-7}\,\mathrm{Wb/m^2}$로, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 12. <보기>의 회로에서 R_L 부하에 최대 전력 전달이 되도록 저항값을 정하려 한다. 이때, R_L의 값[Ω]은?

<보기>



① 8

② 10

③ 12

④ 14

정답 1번

간단한 해설

부하에 최대 전력이 전달되려면 **부하 저항이 부하 단자에서 본 테브난 저항과 같아야 한다**. 전원을 비활성화하면 6 Ω과 12 Ω의 병렬 합성저항에 4 Ω이 직렬로 연결되므로, R_L은 8 Ω이다.

계산 과정

최대 전력 전달 조건: 부하를 제외한 회로를 테브난 등가회로로 바꾸면, 등가전압원과 테브난 저항 R_{th}이 부하 R_L에 직렬로 연결된다. 이 저항 회로에서 부하 전력은 $P_L = \frac{V_{\text{th}}^2 R_L}{(R_{\text{th}} + R_L)^2}$이며, **부하 저항과 테브난 저항이 같을 때** 최대가 된다.

전원 비활성화: R_L을 분리하고 부하가 연결되었던 두 단자에서 회로를 바라본다. 독립 전원을 0으로 만들기 위해 **6 V 전압원은 단락하고, 4 A 전류원은 개방한다**. 전압원의 단락으로 6 Ω 저항의 왼쪽 끝이 아래쪽 공통 노드와 연결된다.

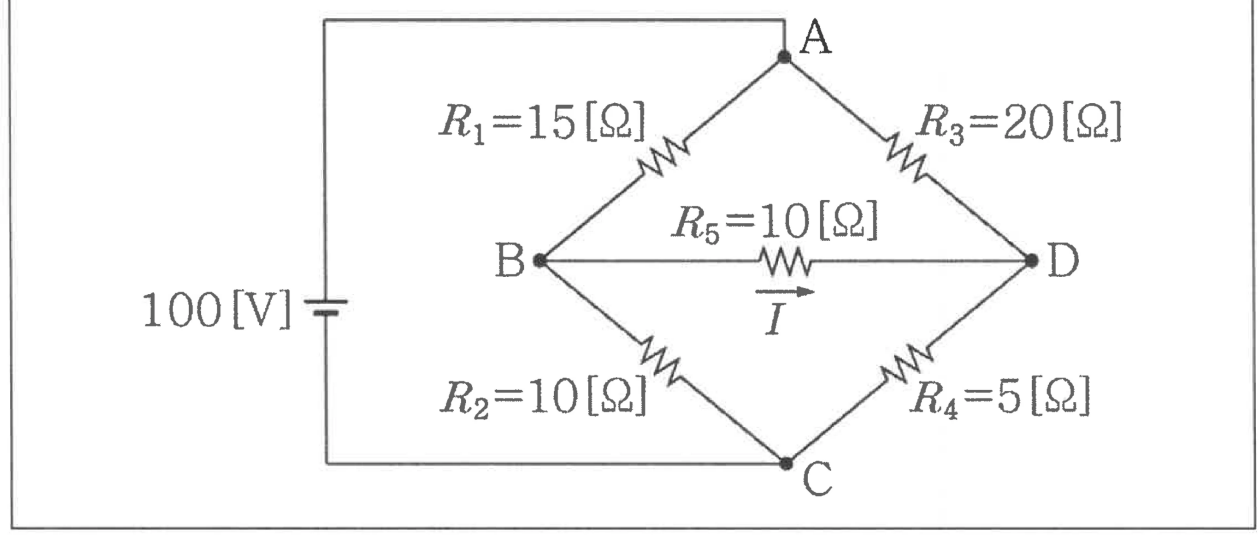
테브난 저항 계산: 6 Ω과 12 Ω은 양 끝이 각각 같은 두 노드에 연결되므로 병렬이다. 그 합성저항은 $R_p = \frac{6 \cdot 12}{6 + 12} = 4\Omega$이다. 부하의 위쪽 단자에서 아래쪽 단자로 가는 경로에는 이 병렬 합성저항과 4 Ω 저항이 직렬로 놓이므로, $R_{\text{th}} = 4 + 4 = 8\Omega$이다.

부하 저항 결정: 최대 전력 전달 조건을 적용하면 $R_L = R_{\text{th}} = 8\Omega$이며, 이는 ①의 8 Ω에 해당한다.

NoteBase

문 13. <보기>의 회로에서 R_5에 흐르는 전류 I의 값[A]은?

<보기>



① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 1번

간단한 해설

접점 B와 D에 전류법칙을 적용하면 두 점의 전위차는 10 V이다. 이 전압이 10 Ω인 R_5에 걸리므로 전류는 **B에서 D 방향으로 1 A** 흐른다.

NoteBase

계산 과정

접점 C를 기준 전위 0 V로 잡으면 전원의 극성에 따라 접점 A의 전위는 100 V이다. B와 D의 전위를 각각 V_B, V_D라 하고, 그림의 화살표와 같이 B에서 D로 흐르는 전류를 I로 둔다. 각 저항의 전류는 옴의 법칙에 따라 **양 끝의 전위차를 저항으로 나눈 값**이다.

접점 B: $R_1 = 15\Omega$을 통해 A에서 들어오는 전류는 $R_2 = 10\Omega$을 통해 C로 나가는 전류와 $R_5 = 10\Omega$을 통해 D로 나가는 전류의 합과 같다. 따라서 $\frac{100 - V_B}{15} = \frac{V_B}{10} + \frac{V_B - V_D}{10}$이다. 양변에 30을 곱해 정리하면 $8V_B - 3V_D = 200$을 얻는다.

접점 D: $R_3 = 20\Omega$을 통해 A에서 들어오는 전류와 R_5를 통해 B에서 들어오는 전류의 합은 $R_4 = 5\Omega$을 통해 C로 나가는 전류와 같다. 따라서 $\frac{100 - V_D}{20} + \frac{V_B - V_D}{10} = \frac{V_D}{5}$이다. 양변에 20을 곱해 정리하면 $-2V_B + 7V_D = 100$을 얻는다.

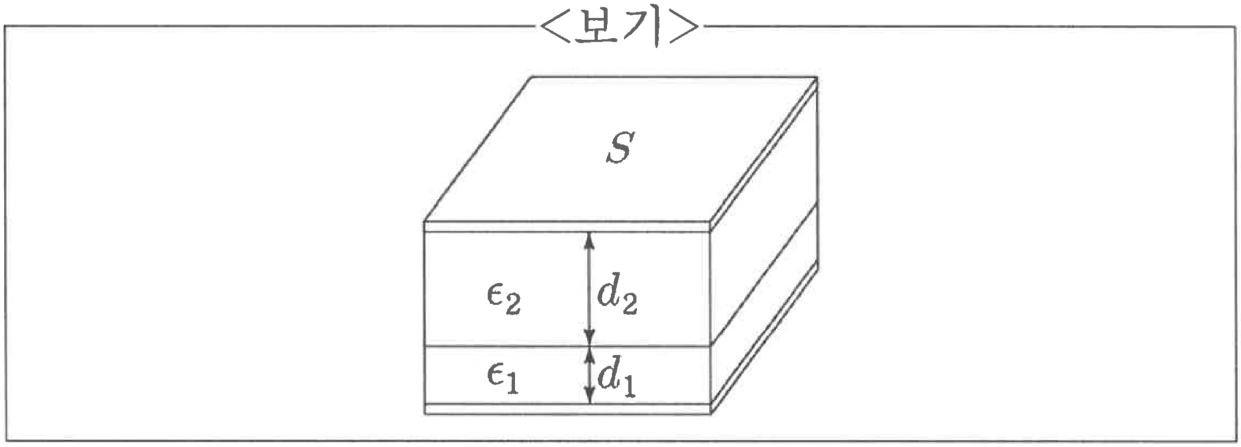
두 식을 연립한다. 두 번째 식에 4를 곱해 첫 번째 식과 더하면 $25V_D = 600$이므로 $V_D = 24\text{V}$이다. 이를 첫 번째 식에 대입하면 $8V_B - 72 = 200$에서 $V_B = 34\text{V}$이다. 즉, **B의 전위가 D보다 10 V 높다**.

따라서 R_5에 흐르는 전류는 $I = \frac{V_B - V_D}{R_5} = \frac{34 - 24}{10} = 1\text{A}$이다. 양수이므로 실제 전류 방향도 그림의 B → D 방향이며, 계산값 1 A는 ①에 해당한다.

NoteBase

문 14. <보기>와 같이 두 개의 서로 다른 유전체로 이루어진 평행판 커패시터가 있다. 첫 번째 유전체의 두께 d_1은 4.5[m], 비유전율 ε_{r1}은 1이며, 두 번째 유전체의 두께 d_2는 9[m], 비유전율 ε_{r2}은 2라고 할 때, 이 커패시터의 전체 정전용량의 값[F]은? (단, 두 평행판의 면적 S는 1[m^2]이고, 자유공간의 유전율 ε_0는 9×10^{-12}[F/m]이다.)

<보기>



① 0.5×10^{-12}

② 1×10^{-12}

③ 2×10^{-12}

④ 3×10^{-12}

정답 2번

간단한 해설

두 유전체가 판 사이의 두께 방향으로 쌓여 있으므로 **직렬 연결**로 계산한다. 각 층의 정전용량이 모두 2×10^{-12}F로 같아 전체 정전용량은 그 절반인 1×10^{-12}F이다.

NoteBase

계산 과정

그림에서 두 유전체는 같은 면적 S를 차지하며 위아래 평행판 사이에 차례로 놓여 있다. 따라서 각 층을 **직렬 연결된 두 커패시터**로 본다. 각 층의 정전용량은 평행판 커패시터 공식 $C_i = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{ri} S}{d_i}$로 구한다. 여기서 i는 유전체 층의 번호이며, 각 층의 유전율은 자유공간의 유전율에 비유전율을 곱한 값이다.

첫 번째 층: 두께 $d_1 = 4.5\text{m}$, 비유전율 $\varepsilon_{r1} = 1$, 면적 $\text{S} = 1\ \text{m}^2$를 대입한다.
$C_1 = \frac{9 \times 10^{-12} \times 1 \times 1}{4.5} = 2 \times 10^{-12}\text{F}$이다.

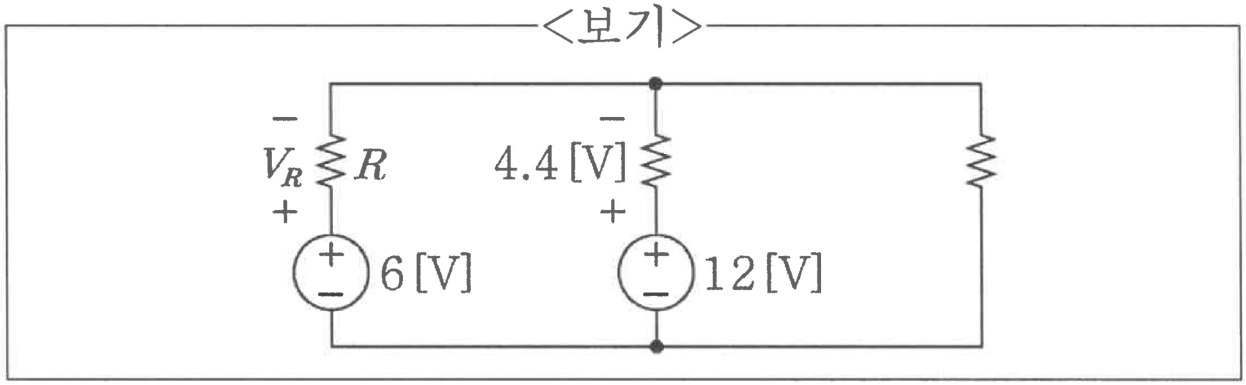
두 번째 층: 두께 $d_2 = 9\text{m}$, 비유전율 $\varepsilon_{r2} = 2$, 면적 $\text{S} = 1\ \text{m}^2$를 대입한다. $C_2 = \frac{9 \times 10^{-12} \times 2 \times 1}{9} = 2 \times 10^{-12}\text{F}$이다. 첫 번째 층보다 두께와 유전율이 모두 2배이므로 정전용량은 같다.

전체 정전용량: 직렬에서는 각 층에 대응하는 전하량의 크기가 같고, **전체 전압은 각 층 전압의 합**이다. 따라서 $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$가 성립한다. 두 정전용량이 같으므로 $C = \frac{C_1}{2} = \frac{2 \times 10^{-12}}{2} = 1 \times 10^{-12}\text{F}$이며, 이는 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 15. <보기>에서 R 양단의 전압 V_R의 크기[V]와 극성을 옳게 짝지은 것은?

<보기>



① 크기: 1.6, 극성: +

② 크기: 1.6, 극성: −

③ 크기: 10.4, 극성: +

④ 크기: 10.4, 극성: −

정답 2번

간단한 해설

아래 공통 접속점을 0 V로 두면 위쪽 접속점은 12 − 4.4 = 7.6 V이고, R의 아래쪽은 6 V이다. 따라서 그림의 아래쪽 +, 위쪽 −를 기준으로 한 전압은 $V_R = -1.6\text{V}$이므로, **크기는 1.6 V이고 극성은 −**이다.

계산 과정

기준 전위와 전압의 방향: 아래 공통 접속점을 0 V로 정한다. 이상적인 도선으로 직접 연결된 점들은 전위가 같으므로, 위쪽 공통 접속점의 전위를 구하면 R의 위쪽 전위도 알 수 있다. 그림에서 V_R는 아래쪽에 +, 위쪽에 −가 표시되어 있으므로 **R 아래쪽 전위에서 위쪽 전위를 뺀 값**이다.

위쪽 접속점의 전위: 가운데 12 V 전원은 위쪽이 +이므로 전원 위쪽의 전위는 12 V이다. 그 위 저항의 4.4 V는 아래쪽이 +, 위쪽이 −이므로 저항 아래쪽이 위쪽보다 4.4 V 높다. 따라서 위쪽 공통 접속점의 전위는 12 − 4.4 = 7.6 V이다.

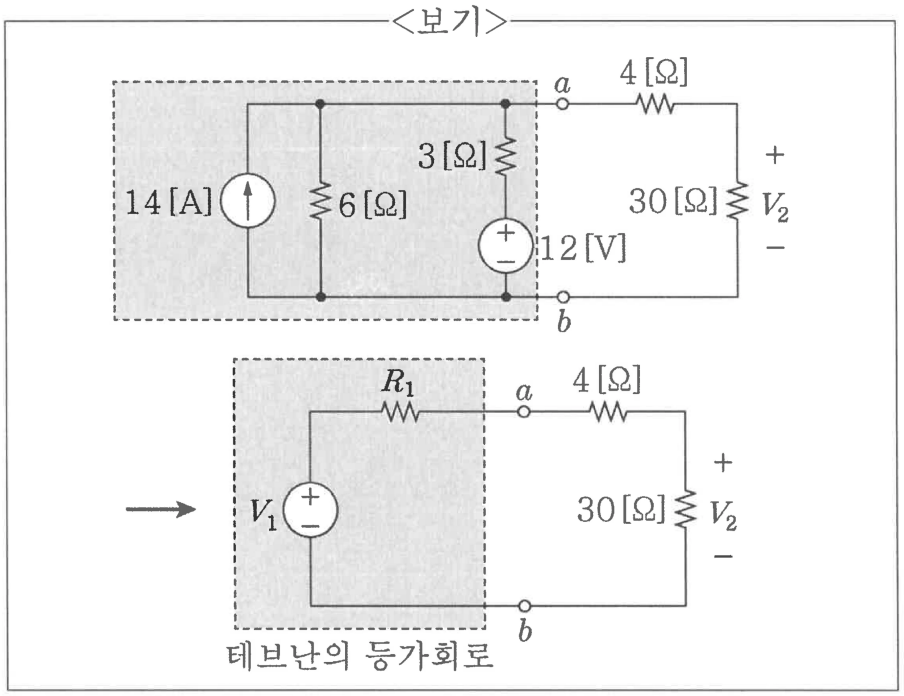
R 양단의 전압: 왼쪽 6 V 전원도 위쪽이 +이므로 R 아래쪽의 전위는 6 V이다. 따라서 $V_R = 6 - 7.6 = -1.6\text{V}$이다. 음수는 **실제 극성이 그림에 표시된 기준 극성과 반대**라는 뜻으로, 실제로는 R의 위쪽이 아래쪽보다 1.6 V 높다.

전압의 크기는 1.6 V이고, 표시된 기준에 대한 극성은 −이므로 ②의 짝과 일치한다.

NoteBase

문 16. <보기>에서 a-b 좌측을 테브난의 등가회로로 바꿀 때, V_1과 V_2의 값[V]은?

<보기>



① V_1: 20, V_2: $\frac{50}{3}$

② V_1: 20, V_2: 30

③ V_1: 36, V_2: $\frac{50}{3}$

④ V_1: 36, V_2: 30

정답 4번

간단한 해설

테브난 전압은 a-b 단자의 **개방전압**이므로 $V_1 = 36$V이다. 등가저항 2 Ω에 외부의 4 Ω과 30 Ω이 직렬로 연결되어 전류가 1 A가 되므로, 30 Ω 양단의 전압은 $V_2 = 30$V이다.

NoteBase

계산 과정

1. 테브난 전압 구하기: a-b 오른쪽의 4 Ω과 30 Ω 가지를 분리한 **개방 상태**에서 a-b 전압을 구한다. b의 전위를 0 V로 두면 12 V 전압원의 위쪽 단자는 +12 V이다. 개방전압을 V_1이라 할 때, a로 들어오는 14 A는 6 Ω 가지와 3 Ω 가지로 나뉜다. 따라서 키르히호프 전류법칙에 의해 $\frac{V_1}{6} + \frac{V_1 - 12}{3} = 14$이다. 양변에 6을 곱하여 정리하면 $3V_1 - 24 = 84$이므로 $V_1 = 36\text{V}$이다. 이 값이 등가회로 전압원의 전압이다.

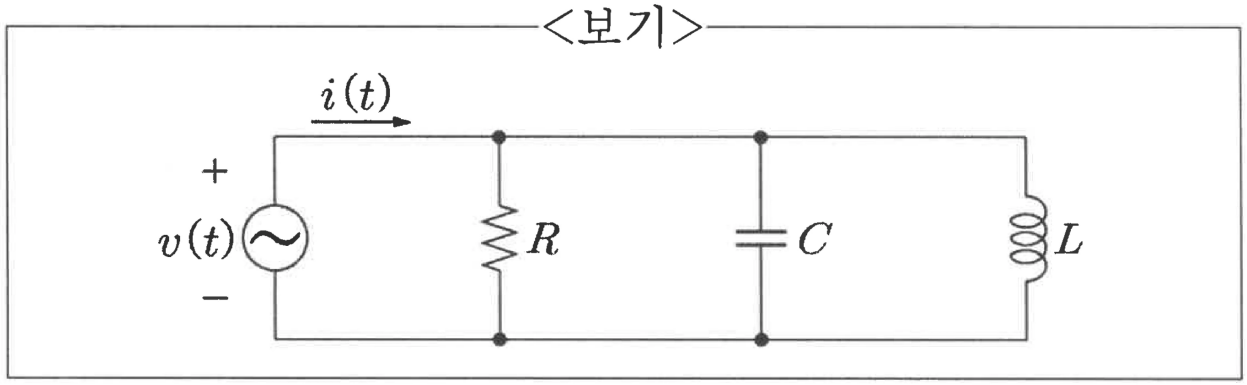
2. 테브난 저항 구하기: a-b 왼쪽 회로의 독립 전원을 0으로 만들 때 **전류원은 개방하고 전압원은 단락한다**. 그러면 6 Ω과 3 Ω이 a-b 사이에 병렬로 남으므로 $R_1 = \frac{6 \cdot 3}{6+3} = 2\Omega$이다. 외부의 4 Ω과 30 Ω은 왼쪽 회로의 등가저항에 포함하지 않는다.

3. 부하전압 구하기: 외부 회로를 다시 연결하면 등가저항 2 Ω, 외부 저항 4 Ω, 부하 30 Ω이 모두 직렬이므로 전체 저항은 2 + 4 + 30 = 36 Ω이다. 따라서 회로 전류는 $I = \frac{36}{36} = 1\text{A}$이고, 30 Ω에 걸리는 전압은 $V_2 = 30I = 30\text{V}$이다. 전류가 30 Ω의 위쪽으로 들어가므로 그림의 +, − 극성과도 일치한다. 따라서 $V_1 = 36\text{V}$, $V_2 = 30\text{V}$로 ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 17. <보기>에서 $v(t) = 10\sin\omega t$[V], $R = 1$[kΩ], $L = 1$[mH], $C = 0.1$[μF]일 때, 전원에 흐르는 전류 $i(t)$와 전압 $v(t)$가 동일한 위상이 되는 각주파수 ω의 값[rad/s]은?

<보기>



① $\frac{10^4}{2\pi}$

② 10^4

③ 10^5

④ 10^6

정답 3번

간단한 해설

병렬 RLC 회로에서 전원 전류와 전압이 동상이 되려면 **커패시터와 인덕터의 무효전류가 상쇄**되어야 한다. 이 병렬 공진 조건은 $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$이며, 주어진 값을 대입하면 10^5rad/s이다.

NoteBase

계산 과정

회로에서 R, C, L은 전원의 두 단자 사이에 병렬로 연결되어 있으므로 각 소자에 같은 전압이 걸린다. 정현파 정상상태에서 저항 전류는 전압과 동상이고, 커패시터 전류는 전압보다 90° 앞서며 인덕터 전류는 90° 뒤진다. 따라서 전원 전류가 전압과 동상이 되려면 **서로 반대 위상인 두 무효전류의 크기가 같아야 한다**.

전압의 진폭을 $V_m = 10\text{V}$라 하면 커패시터 전류의 진폭은 $I_{Cm} = \omega C V_m$, 인덕터 전류의 진폭은 $I_{Lm} = \frac{V_m}{\omega L}$이다. 두 크기를 같게 놓으면 공통인 전압 진폭이 소거되어 $\omega C = \frac{1}{\omega L}$이 된다. 이를 정리하면 $\omega^2 LC = 1$이므로, 양의 각주파수는 $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$이다.

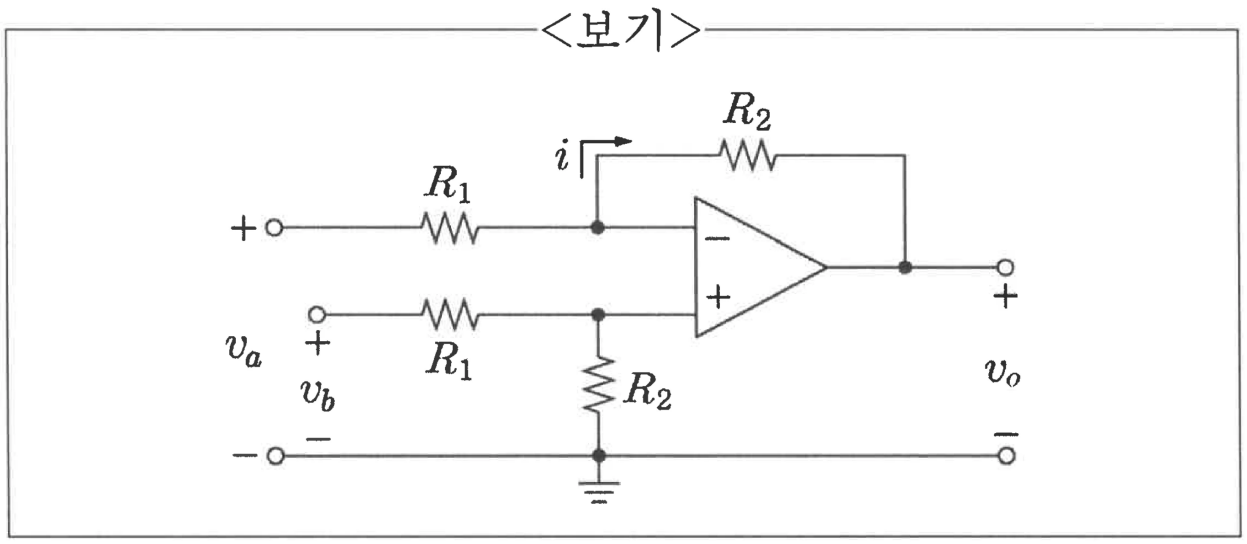
단위를 H와 F로 환산하면 $L = 1\text{mH} = 10^{-3}\text{H}$, $C = 0.1\mu\text{F} = 10^{-7}\text{F}$이다. 따라서 $LC = 10^{-10}$이고 $\sqrt{LC} = 10^{-5}$이므로, $\omega = \frac{1}{10^{-5}} = 10^5\text{rad/s}$이다.

이때 두 무효전류는 합성 전류에서 소거되고 저항 전류만 남아 전원 전류와 전압이 동상이 된다. 저항 R은 남는 전류의 크기를 정하며 이 이상적인 병렬 회로의 공진 각주파수에는 영향을 주지 않는다. 구한 각주파수 10^5rad/s는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 18. <보기>와 같은 이상적인 연산증폭기에서 $v_a = 20[V]$, $v_b = 10[V]$, $R_1 = 10[k\Omega]$, $R_2 = 1[k\Omega]$일 때, v_o의 값[V]은?

<보기>



① − 1

② − 2

③ -100

④ -200

정답 1번

간단한 해설

양쪽 저항비가 같은 차동 증폭기이므로 **비반전 쪽 입력에서 반전 쪽 입력을 뺀 전압 차**를 증폭한다.
$v_o = \frac{R_2}{R_1}(v_b - v_a)$이므로 출력은 −1 V이다.

NoteBase

계산 과정

입력 조건: 그림에서 v_a는 반전 입력 쪽, v_b는 비반전 입력 쪽에 연결되어 있다. 출력이 저항 R_2를 통해 반전 입력으로 되돌아오는 **음의 피드백** 회로이다. 이상적인 연산증폭기가 선형 동작하므로 두 입력 단자의 전압은 $v_- = v_+$이고, 입력 단자로 흐르는 전류는 0이다.

비반전 입력 전압: 입력 전류가 0이므로 아래쪽의 두 저항에는 같은 전류가 흐른다. 따라서 v_+는 접지 쪽 저항 R_2에 걸리는 **분압 전압**이다. $v_+ = \frac{R_2}{R_1+R_2}v_b$에 주어진 값을 넣으면 $v_+ = \frac{1}{10+1}\cdot 10 = \frac{10}{11}$V이다. 따라서 반전 입력 전압도 $v_- = \frac{10}{11}$V이다.

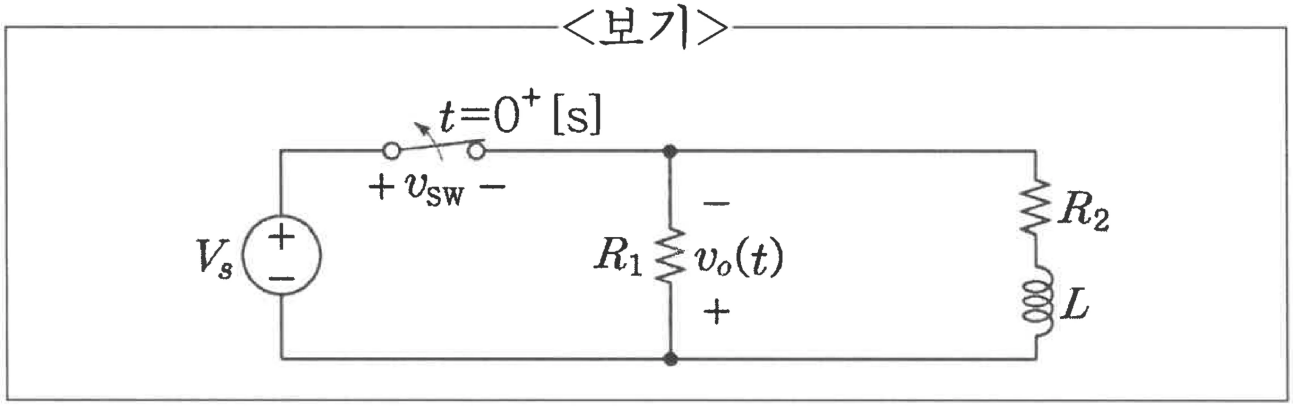
피드백 전류: 반전 입력 단자로는 전류가 들어가지 않으므로 위쪽 R_1을 통과한 전류가 **그대로 피드백 저항을 통과**한다. 그림의 화살표 방향 전류는 $i = \frac{v_a - v_-}{R_1}$이다. V를 kΩ으로 나누면 mA가 되므로 $i = \frac{20 - \frac{10}{11}}{10}$mA, 즉 $i = \frac{21}{11}$mA이다.

출력 전압: 전류가 반전 입력 쪽에서 출력 쪽으로 흐르므로 피드백 저항의 전압 강하는 $v_- - v_o = iR_2$이다. 따라서 $v_o = v_- - iR_2$이며, mA와 kΩ의 곱은 V이므로 $v_o = \left(\frac{10}{11} - \frac{21}{11}\cdot 1\right)$V이다. 출력 전압은 −1 V로, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 19. <보기>에서 $R_1 = 10[\Omega]$, $R_2 = 1[\Omega]$, $V_s = 100[V]$이며, 스위치가 오래 닫혀 있다가 $t = 0^+[s]$에서 갑자기 열릴 때, 스위치가 열리는 순간 출력전압 $v_o(t)$의 크기[kV]는?

<보기>



① 0.01

② 0.1

③ 0.11

④ 1

정답 4번

간단한 해설

스위치가 열려도 **인덕터 전류는 순간적으로 변하지 않으므로**, 직전에 흐르던 100 A가 저항 R_1을 통해 되돌아간다. 이때 10 Ω 저항에 걸리는 출력전압의 크기는 1000 V, 즉 **1 kV**이다.

NoteBase

계산 과정

열리기 직전의 전류: 스위치가 오래 닫혀 있었으므로 직류 정상상태이며, 이상적인 인덕터는 **단락으로 취급**한다. 그림에서 R_1과 R_2·인덕터의 직렬 가지는 전원에 병렬로 연결되어 있으므로, 인덕터가 있는 가지에는 전원전압 100 V가 그대로 걸린다. 따라서 인덕터 전류는 $i_L(0^-) = \frac{V_s}{R_2}$이고, 그 값은 $\frac{100}{1} = 100\text{A}$이다. 전류 방향은 오른쪽 가지의 위에서 아래이다.

열린 직후의 전류: 인덕터 전류는 유한한 전압에서 순간적으로 바뀔 수 없으므로 $i_L(0^+) = i_L(0^-) = 100\text{A}$이다. 스위치가 열리면 전원은 분리되지만, R_2·인덕터·R_1으로 이어지는 폐회로는 남는다. 따라서 오른쪽 가지를 아래로 흐르던 전류는 R_1**을 아래에서 위로** 통과하여 되돌아간다.

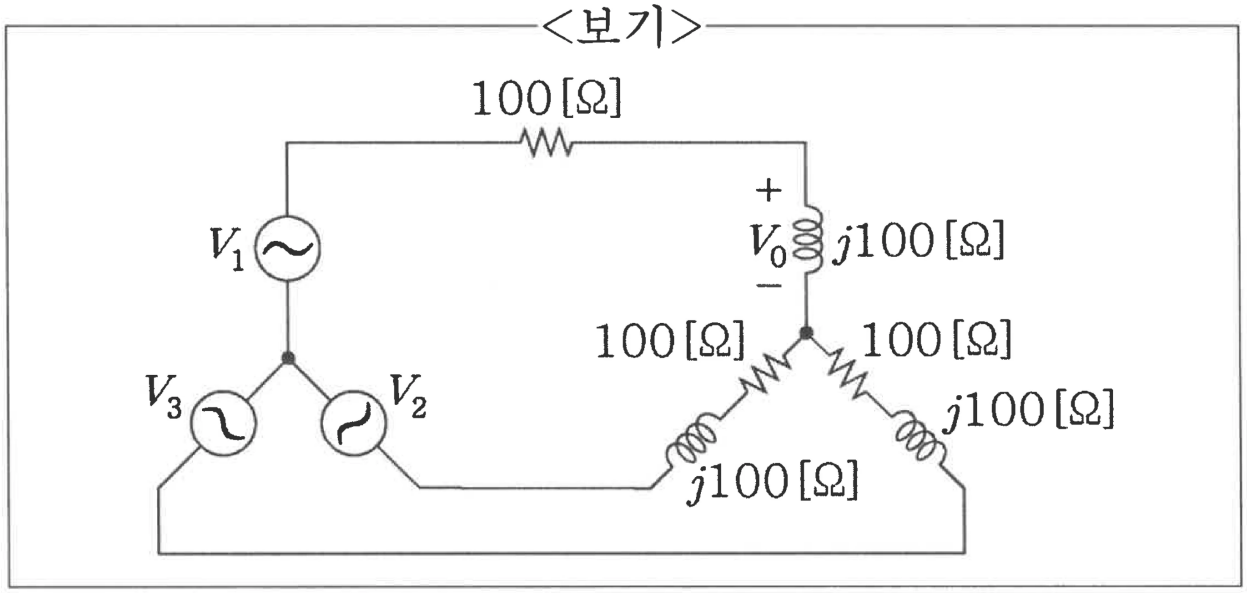
출력전압 계산: 그림의 $v_o(t)$는 R_1의 아래쪽이 +, 위쪽이 −로 표시되어 있다. 열린 직후에는 전류가 아래쪽으로 들어가므로 이 극성과 일치하며, 옴의 법칙에 따라 $v_o(0^+) = R_1 i_L(0^+)$이다. 따라서 출력전압은 $10 \times 100 = 1000$ V이다.

요구한 단위로 바꾸면 1000 V = 1 kV이므로, 출력전압의 크기는 ④의 1 kV에 해당한다.

NoteBase

문 20. <보기>의 평형 3상 Y-Y회로에서 V_0의 크기[V]는? (단, $V_1 = 200\angle 45^\circ$ [V], $V_2 = 200\angle -75^\circ$ [V], $V_3 = 200\angle -195^\circ$ [V]이고, 모든 전압은 실효값이다.)

<보기>



① $\sqrt{2}\angle 0^\circ$

② $10\sqrt{2}\angle 120^\circ$

③ $50\sqrt{2}\angle 30^\circ$

④ $100\sqrt{2}\angle 90^\circ$

정답 4번

간단한 해설

코일 전압은 상전압에 **전압 분배**를 적용하여 구하며, $V_0 = 100\sqrt{2}\angle 90^\circ$ V이다. 이 페이저의 크기 $100\sqrt{2}$V는 실효값이다.

NoteBase

계산 과정

① 상별 등가회로: 그림에서 각 상에는 저항 100 Ω과 유도성 리액턴스 j100 Ω이 직렬로 연결되어 있다. 저항의 위치는 다르지만 **각 상의 전체 임피던스가 같으므로** 평형을 이룬다. 전원 전압도 크기가 같고 위상차가 120°이므로 전원과 오른쪽 Y결선의 중성점 사이에 전위차가 생기지 않는다. 따라서 위쪽 상에는 $V_1 = 200\angle 45^\circ\,\mathrm{V}$를 그대로 적용할 수 있다.

② 상전류 계산: 한 상의 전체 임피던스는 $Z = 100 + j100 = 100\sqrt{2}\angle 45^\circ\,\Omega$이다. 교류 회로의 옴의 법칙을 적용하면 $I_1 = \frac{V_1}{Z} = \frac{200\angle 45^\circ}{100\sqrt{2}\angle 45^\circ} = \sqrt{2}\angle 0^\circ\,\mathrm{A}$이다. 임피던스의 위상각이 45°이므로 전류는 상전압보다 45° 늦으며, 주어진 기준에서 전류의 위상각은 0°가 된다.

③ 코일 전압 계산: V_0는 위쪽 코일의 양단 전압이며, 그림의 극성에 따라 전류가 들어가는 위쪽 단자가 +이다. 따라서 코일의 임피던스 $j100 = 100\angle 90^\circ\,\Omega$을 곱하면 된다. $V_0 = I_1(j100)$ $= (\sqrt{2}\angle 0^\circ)(100\angle 90^\circ) = 100\sqrt{2}\angle 90^\circ\,\mathrm{V}$이다. 코일 전압은 **상전류보다 위상이 90° 앞선다**.

계산된 전압 페이저 $100\sqrt{2}\angle 90^\circ\,\mathrm{V}$는 ④와 일치한다. 전압의 실효값 크기는 $100\sqrt{2}\,\mathrm{V}$이며, 이미 실효값으로 주어졌으므로 최댓값으로 변환하지 않는다.

NoteBase